YOLANDA POLO REDONDO
VICENTE SALAS FUMAS

Modelo económico sectorial con aprendizaje y difusión de innovaciones*

1. Introduccion

El propósito de este trabajo es presentar un modelo de comportamiento económico sectorial en el que se incorporan dos supuestos poco frecuentes en los planteamientos tradicionales: 1.°) La producción de los bienes está sujeta a un aprendizaje o experiencia que repercute en los costes según el volumen de producción acumulada. 2.°) El mercado del bien tiene un número limitado de compradores usuarios que lo adquieren en distintos momentos en el tiempo según una motivación social de compra innovadora o imitadora. En una segunda parte, el modelo se aplica al caso de varias categorías de productos de consumo duradero, productos que pueden considerarse típicos en cuanto cumplimiento de las hipótesis anteriores.

El aprendizaje aparece en la literatura económica con la hipótesis de Arrow (1962), "learning by doing". Posteriormente los intentos de integrar el aprendizaje con la teoría de la producción se han preocupado sobre todo de tratamientos conceptuales del tema sin profundizar en la cuestión analítica, Oi (1967), Preston y Keachie (1965), con la excepción del trabajo reciente de Womer (1979) que postula una función de producción en la que se incorporan economías de escala junto con economías de aprendizaje. En el ámbito más estrictamente empresarial el

* Agradecemos los comentarios de los profesores Josep Oliu y Juan José Renau.

tema de la experiencia, concepto que aquí sustituye el de aprendizaje, está mucho más ampliamente tratado, tanto desde el punto de vista teórico como aplicado[1]. Nuestra aportación al tema en esta vertiente será poco significativa siendo mucho más importante la integración del concepto con el modelo de difusión de nuevas ideas que modifica la relación cantidad-precio de la función de demanda añadiendo una distribución de densidad que mide la tendencia en la expansión de las ventas como consecuencia de los fenómenos de la innovación-difusión. Sobre innovación-difusión merecen destacarse los trabajos de Bass (1965, 1978) donde se presenta un modelo explicativo de este fenómeno inspirado en modelos de epidermología frecuentemente utilizados en las ciencias biológicas. Los principales supuestos en que se apoya el modelo de Bass se resumen en el apartado segundo bajo el epígrafe de modelo de demanda. Quizá la limitación más importante del modelo de innovación-difusión sea el ignorar las variables económicas en la proyección en el tiempo de las ventas sectoriales que se materializan en el proceso difusor. En este trabajo tratamos de paliar esta limitación haciendo depender la cantidad demandada en cada período del precio de venta del producto durante dicho período. Aunque aquí, solamente incluimos la variable precio, la formulación puede extenderse fácilmente para incluir otras variables como la renta.

Incluidos los precios en la función de demanda necesitamos también de un modelo explicativo del comportamiento de estos precios en el tiempo. Si el modelo de innovación-difusión es aplicable a productos con una frecuencia de compra muy baja, productos de consumo duradero o de equipamiento industrial, fundamentalmente, para estos mismos productos puede considerarse plenamente relevante el fenómeno del aprendizaje o en su conceptualización más genérica, que va más allá de la estricta capacidad humana para aprender a través de repetir una operación o tarea, el fenómeno de la experiencia. Esta experiencia se materializa en mejoras en el tiempo de realización de las tareas, el cual a través de un coste por unidad de tiempo tiene una repercusión directa en el coste de realización de ia misma. El modelo explicativo de los precios se concreta en un supuesto de maximización de los beneficios para una empresa promedio del sector donde los ingresos incluyen las hipótesis de la innovación-difusión y con ella el supuesto de saturación del mercado de primeros compradores del producto. Los costes por su parte simplifican las hipótesis de la teoría neoclásica de la producción para resaltar la influencia del fenómeno de la experiencia.

1. Una recopilación reciente de trabajos teóricos y prácticos alrededor de este concepto puede verse en Yelle (1979), con una lista de más de 80 referencias bibliográficas.

Conseguimos así la formulación integrada del modelo que primero especificamos para poder llevar a cabo estimaciones econométricas de las relaciones funcionales resultantes y a continuación aplicamos el modelo especificado a una gama de productos de consumo duradero, aplicación que sirve para un contraste preliminar del modelo propuesto.

En el apartado segundo se presenta la formulación analítica de las relaciones entre las variables y los parámetros del modelo, empezando por la modelización de la demanda y siguiendo con la fijación de los precios hasta llegar a las ecuaciones fundamentales de la toería. El apartado tercero presenta la aplicación empírica para concluir con unas consideraciones genéricas sobre el conjunto del trabajo y su posible interés en la gestión empresarial.

2. El modelo analitico

El estudio del modelo analítico se realiza en tres etapas: el modelo de demanda, el modelo de oferta y el modelo integrado.

2.1. *El Modelo de Demanda*

Para explicar el comportamiento de la demanda en nuestro mercado postulamos una ecuación de la demanda en función del precio y de una variable que describe la situación en el tiempo de la difusión del producto. Esta ecuación la formulamos analíticamente como[2].

$$q_t = f(t)\, c\, (p(t))^{-\eta}$$

donde $f(t)$ = función de densidad que recoge la tendencia en la difusión del producto.

c = parámetro.

q_t = cantidad demandada en t.

η = parámetro que mide la elasticidad precio de la demanda.

Como puede apreciarse suponemos una función de demanda con una elasticidad precio constante. La especificación completa de la función requiere de la especificación de $f(t)$, función que como ya hemos dicho recoge la tendencia en la difusión del producto en el mercado. Pa-

2. Esta función podría generalizarse para incorporar en ella otras variables económicas como la renta. La formulación multiplicativa entre $f(t)$ y el resto de los componentes puede considerarse arbitraria.

ra establecer f(t) seguimos el trabajo de Bass (1965). Este autor propone un modelo que describe la difusión de nuevos productos en un mercado finito de primeros compradores o usuarios del producto (es decir sin compras por reposición) que se apoya en una hipótesis general y unas premisas específicas.

La hipótesis general postula dos grupos que intervienen en el proceso de adopción de innovación, innovadores e imitadores. Los primeros toman la decisión de compra en el tiempo influenciados por las decisiones de los otros sistemas del sistema social. En cuanto a las premisas específicas, éstas se resumirían en las siguientes:

– Sobre el período de interés se realizarán "m" compras iniciales del producto. Puesto que se trata de productos de consumo duradero, su frecuencia de compra es baja, de forma que en estas compras se excluyen todas aquellas compras por reposición.

– La probabilidad de compra en el tiempo t, dado que no se ha realizado todavía ninguna compra, es una función lineal del número de compradores previos según la expresión.

$$\gamma(t) = p + q \frac{X(t)}{m} \tag{1}$$

donde p y q son constantes y X(t) es el número de compras hasta t. Puesto que $X(0) = 0$, $\gamma(0) = p$ y por tanto este parámetro representa la probabilidad de compra inicial reflejando la importancia de los innovadores en el sistema social. Por otra parte, el producto $\frac{q}{m} X(t)$ representa la presión que opera sobre los imitadores a medida que aumenta el número de compradores.

Si S(t) es la función de ventas en el tiempo t, la función de probabilidad de compra en t, podrá escribirse según el cociente de casos favorables partido por casos posibles.

$$\gamma(t) = \frac{S(t)}{m - X(t)} \tag{2}$$

Igualando las ecuaciones (1) y (2) resolvemos la ecuación de ventas en t,

$$S(t) = pm + (q - p) X(t) - \frac{q}{m} [X(t)]^2 \tag{3}$$

Dividiendo por m podemos escribir

$$\frac{S(t)}{m} = p + (q - p)\frac{X(t)}{m} - q\left[\frac{X(t)}{m}\right]^2$$

Si ahora llamamos $\frac{X(t)}{m} = F(t)$, tenemos

$$\frac{S(t)}{m} = f(t) = \frac{d}{dt}\left[\frac{X(t)}{m}\right] = \frac{d}{dt}F(t)$$

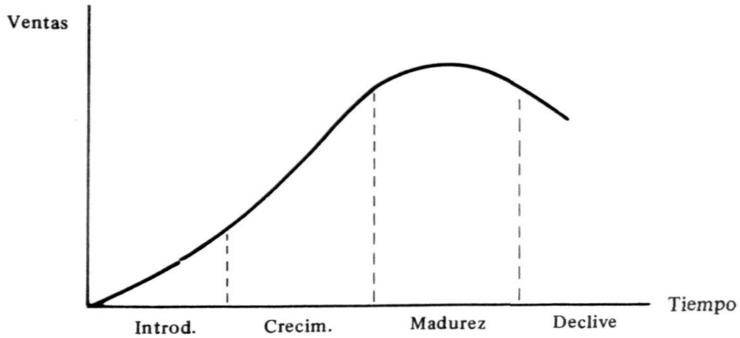
Sustituyendo estos resultados en la ecuación (3) obtenemos la ecuación diferencial

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = p + (q - p)F(t) - q\,[F(t)]^2 \tag{4}$$

cuya solución viene dada por Bass (1965, pág. 218) en términos de la función de ventas en el tiempo S(t) según la expresión

$$S(t) = \frac{m\,(p+q)^2}{p} \times \frac{e^{-(p+q)t}}{(q/p\;e^{-(p+q)t} + 1)^2} \tag{5}$$

Si $p < q$, puede demostrarse fácilmente que (5) describe la evolución en el tiempo de las ventas sectoriales de acuerdo con el perfil conocido del "ciclo de vida". Según este ciclo, en la introducción del producto se produce un crecimiento moderado de las ventas que progresivamente adquiere ritmos mayores en la etapa de crecimiento; pasado un punto de inflexión el ritmo de crecimiento vuelve a moderarse hasta prácticamente hacerse nulo en la etapa de madurez a la que a su vez sigue una etapa de declive con crecimiento negativo.



Con la ecuación de demanda q_t queremos significar que existe un límite en el número de usuarios del producto (compradores) a la vez que la compra del producto en el mercado no se distribuye uniformemente en el tiempo, sino de acuerdo con un perfil aproximado por una función logística reflejo de un impacto innovador inicial y una difusión social posterior influída por el efecto imitación del creciente número de usuarios. Todo ello afectado por variables económicas como el precio de cuya evolución nos ocupamos en el apartado siguiente.

2.2.– *El Modelo de Oferta*

Supongamos un sector o industria con un bien de consumo duradero cuya producción está sujeta al fenómeno del aprendizaje o experiencia. Este fenómeno, propio fundamentalmente de la naturaleza humana, significa que la repetición en el número de veces que se lleva a cabo una tarea o actividad implica una reducción en el tiempo necesario para llevarla a cabo. La medición del fenómeno se establece con la *fracción de aprendizaje* o tanto por ciento del tiempo necesario para llevar a cabo la tarea que representa el doble de tareas realizadas. De este modo, un aprendizaje del 80 % y un tiempo de realización de la primera tarea de 100 horas significa un tiempo de 80 horas para la segunda, 64 para la cuarta, etc. Como en la producción de bienes y servicios en la industria y el comercio intervienen tareas humanas, la producción también estará sujeta al aprendizaje pudiéndose establecer la relación tiempo-experiencia en términos de tiempo y número de unidades de producción acumuladas.

La formulación analítica de estos supuestos podría pues plantearse como sigue. Llamemos q_1, q_2, ..., q_t a los volúmenes de producción en unidades de producto durante los períodos de tiempo 1, 2... t. La producción acumulada de t será

$$E(t) = q_1 + q_2 + \ldots + q_t$$

Una expresión analítica que recoge la medida de aprendizaje anunciada, sería la siguiente cuyos fundamentos teóricos y empíricos se hallan revisados ampliamente en Yelle (1979)

$$Y[E(t)] = Y_1 [E(t)]^{-\lambda} \tag{6}$$

donde $Y[E(t)]$ = tiempo de producción de la última unidad en $E(t)$

Y_1 = tiempo correspondiente a la primera unidad

λ = parámetro de aprendizaje[3].

Desde un punto de vista económico el interés del aprendizaje se encuentra en su repercusión final en los costes. Si s es el coste a pesetas constantes por unidad de tiempo de trabajo, multiplicando el tiempo por este coste obtendremos el coste unitario en función de la experiencia acumulada.

$$SY[E(t)] = SY_1 [E(t)]^{-\lambda}$$

Llamando $Cm\,E(t) = S \cdot Y[E(t)]$ al coste de producción de la última unidad en $Y(t)$ y $sY_1 = C_1$ al coste de la primera unidad, obtenemos la experiencia en términos de costes marginales y producción acumulada.

$$\ell_m [E(t)] = C_1 [E(t)]^{-\lambda} \tag{7}$$

A partir de la ecuación (7) del coste marginal es posible definir el coste de producción de q_t unidades en el tiempo t. Para ello debemos tener en cuenta la producción acumulada hasta t y así definimos $C_t(q_t) = C_t(q_t / q_1, \ldots, q_{t-1})$ como el coste de producir q_t unidades en t teniendo en cuenta que se llevan producidas $q_1, \ldots q_{t-1}$ unidades en los períodos anteriores. Este coste se aproxima con la suma continua, integral, de los costes marginales de las unidades desde cero hasta q_t que se van añadiendo a la producción acumulada hasta t−1:

$$C_t(q_t) = \int_0^{q_t} C_1 [E(t-1) + z]^{-\lambda} dz = \frac{C_1}{1-\lambda} [E(t)^{1-\lambda} - E(t-1)^{1-\lambda}] \tag{8}$$

donde z es una variable de integración.

3. El valor de λ se determina por

$$\lambda = \frac{-\log \text{ (fracción aprendizaje)}}{\log_2}$$

Por otra parte el coste de toda la producción acumulada hasta t, E(t), será[4]

$$\sum_{j=1}^{t} C_t(q_j) \simeq \frac{C_1}{1-\lambda} E(t)^{1-\lambda} \tag{9}$$

con un coste medio por unidad igual a

$$CM[E(t)] = \frac{\sum_{j=1}^{t} C_t(q_j)}{E(t)} \simeq \frac{C_1}{1-\lambda} E(t)^{-\lambda} \tag{10}$$

La producción en t, q_t, se determina a partir de un comportamiento que se supone dirigido a maximizar el beneficio.

$$\max_{q_t} \Pi(q_t) = p_t(q_t)\, q_t - C_t(q_t) \tag{11}$$

donde $p_t(q_t)$ es la función de demanda definida a partir de la ecuación del apartado anterior[5] y $C_t(q_t)$ es el coste de acuerdo con la ecuación (8). Sustituyendo estas ecuaciones en (11) y resolviendo las condiciones de máximo beneficio obtenemos la función de precio en el tiempo, p(t) que maximiza el beneficio a la vez que iguala oferta y demanda.

$$p(t) = \left(\frac{\eta}{\eta-1}\right) C_1 [E(t)]^{-\lambda} \tag{12}$$

con la restricción implícita $\eta > 1$ puesto que p(t) no puede ser negativo.

La ecuación de equilibrio relaciona precio con experiencia acumulada dada la especificación que hemos dado a las ecuaciones de ingresos y costes y el supuesto de la maximización del beneficio para la empre-

4. En realidad la función de coste total resulta de aproximar la suma por la integración, es decir.

$$\frac{C_1}{1-\lambda} E(t)^{1-\lambda} = \int_{j=0}^{t} C_1\, E(j)^{-\lambda}\, dj$$

5. Es decir, despejando p(t) en función de q_t se obtendría

$$p_t(q_t) = f(t)^{\eta}\, C_1^{\eta}\, q_t^{-\eta}$$

sa[6]. Para una elasticidad dada de la demanda la ecuación (12) muestra una evolución del precio paralela al coste marginal y al coste medio. Esto aparece todavía más evidente si escribimos la relación entre precio y coste medio a partir de (10) y (12).

$$p(t) = \frac{\eta(1-\lambda)}{\eta-1} \times CM\,[E(t)]$$

con lo cual vemos que la relación entre precio y coste directo da lugar a un margen bruto en tanto por ciento sobre el precio de venta, constante e igual a:

$$\frac{p(t) - CM(t)}{p(t)} = \frac{1-\lambda\eta}{\eta(1-\lambda)} \qquad (13)$$

Como puede apreciarse este margen es menor cuanto mayores sean los valores de λ y η, es decir, una mayor elasticidad precio de la demanda y un mayor parámetro de aprendizaje significarán unos márgenes menores para el producto[7].

2.3.– *El modelo integrado*

Resumamos brevemente los resultados principales de la exposición anterior. Por un lado hemos especificado la ecuación de las ventas en t en función del modelo de innovación-difusión de Bass y del precio de venta del producto en t para una elasticidad precio de la demanda constante,

$$q_t = f(t)\, c\, [\, p(t)\,]^{-\eta}$$

6. Por las características del problema podría pensarse que un modelo intertemporal de maximización del valor actual de los beneficios sería más adecuado. Como hemos señalado en otra parte presentamos aquí una visión preliminar del tema para continuar en otro trabajo con las generalizaciones oportunas.

7. Según la ecuación (13) el modelo implica unos beneficios positivos a largo plazo lo cual contradice posibles supuestos adicionales de competencia, incluso monopolista, dentro del sector. Esto es así porque al tomar la empresa promedio del sector ésta adquiere las características de monopolio, especialmente, como hacemos aquí, si referimos su comportamiento y el del sector a un solo período.

donde $f(t) = p + (p - q) F(t) - q [F(t)]^2$

A continuación hemos obtenido la ecuación de los precios en el tiempo que maximizan el beneficio,

$$p(t) = \left(\frac{\eta}{\eta - 1}\right) C_1 \; [E(t)]^{-\lambda}$$

En este apartado vamos a integrar estos resultados hasta llegar a un modelo que nos ha de permitir la especificación econométrica necesaria para la aplicación empírica posterior.

Si sustituimos la expresión de $p(t)$ en q_t obtenemos,

$$q_t = f(t) \; K \; [E(t)]^{\lambda\eta} \tag{14}$$

donde $K = c \left[\left(\frac{\eta}{\eta\text{-}1}\right) C_1 \right]^{-\eta}$ es una constante.

Necesitamos ahora una expresión cerrada para $F(t)$, que aparece en $f(t)$, en función de $E(t)$, producción acumulada, que sustituye notacionalmente a $X(t)$. Para ello tenemos primero en cuenta que

$$q_t = \frac{d\,E(t)}{d\,t}$$

es decir, las ventas en t significan la variación marginal de la producción acumulada en t. Por tanto (14) puede escribirse como

$$E(t)^{-\lambda\eta} \; d\,E(t) = K\, f(t)\, d\,t$$

Si ahora integramos los dos lados de esta ecuación de 0 a t, tenemos:

$$\frac{E(t)^{1-\lambda\eta}}{1 - \lambda\eta} = K\, F(t)$$

y resolviendo para $E(t)$,

$$E(t) = [K(1-\lambda\eta)]^{\frac{1}{1-\lambda\eta}} F(t)^{\frac{1}{1-\lambda\eta}} \tag{15}$$

La ecuación (15) puede parecer la ecuación buscada pues de ella podría obtenerse F(t) en función de E(t) según era nuestro objetivo. Sin embargo esta solución no sería satisfactoria pues el modelo resultante no está totalmente identificado. Para conseguir la identificación es necesario aprovechar una información adicional antes de resolver para F(t).

Puesto que E(t) representa la producción acumulada hasta T, en el límite cuando $t \rightarrow \infty$, E(t) coincidirá con el total del mercado de primeros usuarios, m. Tomando este límite en ambos lados de (15) obtenemos el resultado.

$$m = [K(1-\lambda\eta)]^{\frac{1}{1-\lambda\eta}} \tag{16}$$

puesto que $\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$.

Resolviendo para K en función de m,

$$K = \frac{m^{1-\lambda\eta}}{1-\lambda\eta} \tag{17}$$

y sustituyendo este resultado en la ecuación (15) podemos ya obtener la expresión apropiada para F(t) en función de E(t).

$$F(t) = m^{-(1-\lambda\eta)} E(t)^{(1-\lambda\eta)} \tag{18}$$

Volviendo ahora a la ecuación (14) y teniendo en cuenta la expresión para f(t) en función de F(t), podemos llegar a una expresión para q_t que depende sólo de E(t), a través de los parámetros p, q, m y $\lambda\eta$. Para ello basta sustituir K por su valor en (17) y F(t) por el suyo en (18), en los términos apropiados de la ecuación (14). Si realizamos estas operaciones y ordenamos adecuadamente los términos llegamos a la expresión final.

$$q_t = a\,[\,E(t)^{\lambda\eta} \;/\; (1-\lambda\eta)\,] \;+\; b\,[\,E(t) \;/\; (1-\lambda\eta)\,] \;+\; c\,[\,E(t)^{2-\lambda\eta} \;/\; (1-\lambda\eta)\,] \tag{19}$$

donde

$$a = p\,m^{1-\lambda\eta};\quad b = q - p;\quad c = q\,m^{\lambda\eta-1}$$

En el apartado siguiente veremos las particularidades que presenta la estimación de los parámetros de la ecuación (19) a la vez que aplicamos y contrastamos el modelo con cinco categorías de productos de consumo duradero en el mercado español.

3. Estudio empirico

3.1.– *Estimación de los parámetros*

La ecuación (19) recoge la evolución de las ventas en el tiempo en función de las unidades vendidas hasta el tiempo t. Conocidos los parámetros de la función sería posible predecir la demanda para cada período de tiempo recogiendo así las características esenciales del modelo. La estimación de los parámetros y con ello la contrastación empírica del modelo se realiza como sigue.

Sustituyamos (19) por su equivalente discreta.

$$q_t = a\,[\,E_{t-1}^{\lambda\eta} \;/\; (1-\lambda\eta)\,] + b\,[\,E_{t-1} \;/\; (1-\lambda\eta)\,] + c\,[\,E_{t-1}^{2-\lambda\eta} \;/\; (1-\lambda\eta)\,] \tag{20}$$

donde $E_{t-1} = \sum_{j=1}^{t-1} q_j$, ventas acumuladas hasta $t-1$. A partir de observaciones empíricas en q_t y E_{t-1} sería posible a través de un ajuste no lineal, conocer los valores estimados para a, b, c y η. Una segunda posibilidad que simplifica la estimación se obtiene si tomamos un valor dado para $\lambda\eta$. En este caso, q_t es ya una función lineal de los términos dentro de los corchetes, y el ajuste puede hacerse por procedimientos ordinarios. El proceso se operativiza como sigue. Puesto que $\lambda\eta$ se encuentra en el intervalo [0, 1], vamos dando valores a $\lambda\eta$, estimamos a, b y c para cada caso y finalmente elegimos la ecuación que proporciona un R^2 mayor. Con los valores estimados de a, b y c, es posible identificar los parámetros originales p, q y m según las ecuaciones

$$\hat{p} = \frac{\hat{a}}{\hat{m}^{1-\lambda\eta}} \; ; \; \hat{q} = -\hat{m}^{1-\lambda\eta} \cdot \hat{c} \; ; \; \hat{m} = \left(\frac{-\hat{b} - \sqrt{\hat{b}^2 - 4\,\hat{a}\,\hat{c}}}{2\,\hat{c}}\right)^{\frac{1}{1-\lambda\eta}}$$

Conocemos por tanto $\hat{p}$, $\hat{q}$ y $\hat{m}$, pero nos resta todavía la estimación de la elasticidad de la demanda η. Para ello es necesario primero conocer el parámetro de aprendizaje λ. La estimación de λ se realiza a partir de la ecuación (12) de la evolución de los precios en función de E(t). Tomando logaritmos en (12) tenemos

$$ln\, p(t) = \alpha + \beta\, ln\, [E(t)]$$

donde $\alpha = ln\, [\, (\frac{\eta}{\eta-1})\, c_1\,]$ y, $\beta = -\lambda$. A partir de observaciones en precios y producción acumulada es posible estimar α y β ajustando la ecuación logarítmica lineal y con ello el valor de $\hat{\lambda} = -\hat{\beta}$.

Aplicación

La tabla 1 recoge la estimación del parámetro de aprendizaje para cinco categorías de productos de consumo duradero en el mercado español. Las observaciones necesarias para la estimación se han obtenido a partir de las cifras de producción en unidades físicas y monetarias publicadas en el Anuario Estadístico. El primer paso ha sido pasar los valores monetarios de la producción a valores en pesetas constantes de 1965. Dividiendo por el número de unidades físicas obtenemos el precio medio a pesetas constantes. Luego se lleva a cabo la transformación logarítmica. Como puede apreciarse en la tabla, y teniendo en cuenta que el número de observaciones es pequeño, todos los valores de λ son significativos al 1%, a la vez que los ajustes dan un R^2 aceptable. Si recordamos la interpretación de λ es posible estimar a partir de él la fracción de aprendizaje[8] en términos de reducción en coste para la unidad

8. A partir del cálculo de λ en la nota 3 obtendremos, fracción de aprendizaje = $2^{-\lambda}$.

que representa el doble de la producción. Esta reducción oscila entre un 6,7% para los televisores y casi un 16% para las máquinas de afeitar tomando los valores de 10%, 15% y 15% respectivamente para turismos, frigoríficos y planchas. De acuerdo con estos resultados debemos concluir que el aprendizaje debe considerarse un fenómeno a tener en cuenta en las decisiones empresariales.

TABLA 1

Parámetros de experiencia para cinco categorías de productos de consumo duradero

Categoría de producto	Años	λ	R^2
Televisores	(58-67)	0,0999 (3,46)*	0,60
Turismos	(58-69)	0,1475 (7,07)*	0,83
Frigoríficos	(58-70)	0,2309 (13,2)*	0,94
Planchas	(63-69)	0,2228 (4,3)*	0,72
Máquinas afeitar	(62-69)	0,2488 (3,5)*	0,75

* Significativos al 1%

La segunda parte de la aplicación empírica corresponde a la estimación de los parámetros del modelo integrado para las mismas categorías de productos. Para ello ajustamos la ecuación (20) a las observaciones de q_t y E_{t-1} teniendo en cuenta que el modelo de difusión supone un mercado estable y por tanto la producción puede no coincidir con las ventas dado que éstas en parte pueden corresponder a productos importados a la vez que parte de la producción puede exportarse a otros mercados. Para estimar q_t, unidades vendidas en el mercado nacional en t se ha tomado la producción en t más la diferencia entre importaciones y exportaciones en t, estos últimos datos elaborados a partir de la información contenida en el anuario de Aduanas. Los resultados de la estimación de la función de demanda se recogen en la tabla 2. Primero te-

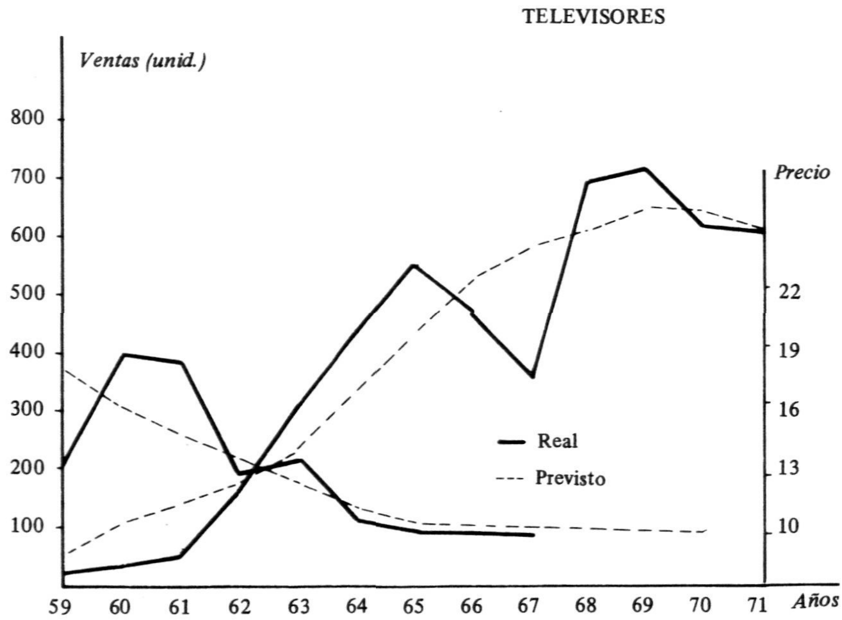
TABLA 2

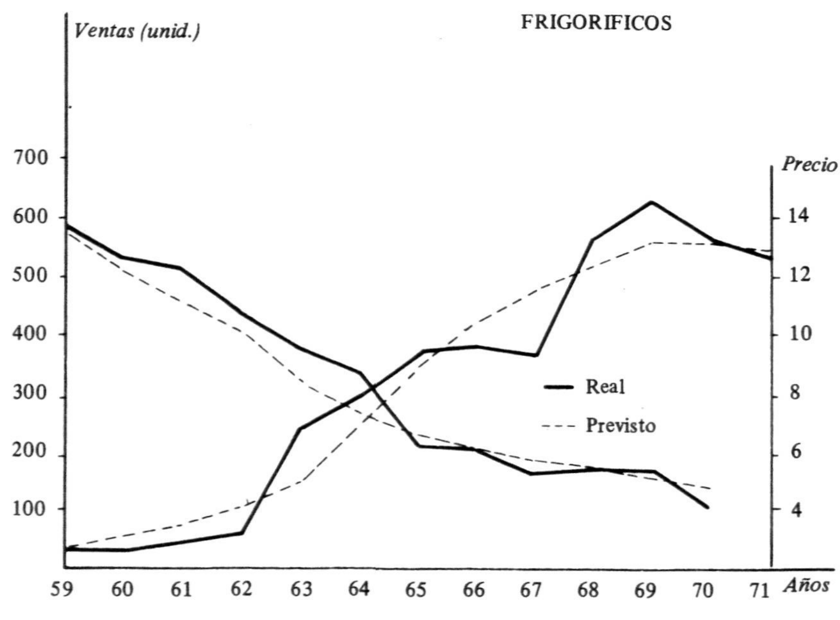
Parámetros de la ecuación de demanda

Categoría Producto	$\hat{p}$	$\hat{q}$	$\hat{m}$ (miles)	$\lambda\eta$	η	R^2
Televisores	0,033	0,247	7.824,5	0,2	2	0,85
Turismos	0,0080	0,21	8.928	0,3	2,03	0,96
Frigoríficos	0,056	0,166	7.403,5	0,6	2,6	0,927
Máquinas afeitar	0,021	0,224	10.336,4	0,3	2,04	0,820
Planchas	0,104	0,172	7.649,2	0,25	1,12	0,753

nemos los parámetros p, q y m del modelo estricto de difusión. Con respecto a los dos primeros observamos que el coeficiente de innovación p es siempre considerablemente inferior al de imitación q (excepto para las planchas), pudiendo concluirse que la imitación es un efecto difusor más importante que la innovación para estas categorías de productos estudiados. El parámetro m como ya decíamos mide el mercado profesional de usuarios del producto. En conjunto, el modelo estima un mercado potencial de estos usuarios entre 250 y 300 unidades por 1.000 habitantes, cifras razonables para los estandards de vida de nuestra economía. El último parámetro de interés es la elasticidad de la demanda η. Como puede apreciarse este parámetro oscila entre 1,12 para las plantas y 2,6 para los frigoríficos. Del parámetro de la elasticidad η depende el margen sobre precios para el producto. A partir de las relaciones entre precios y costes medios se puede estimar fácilmente (según la ecuación (13)), obteniendo un 20% para el producto de mayor elasticidad, frigoríficos, y un 85% para el de menor, las planchas.

Todos estos parámetros del modelo se estiman con los signos correctos a la vez que el ajuste medido por el R^2 que se obtiene en todos ellos también ha de considerarse como aceptable. Para completar estos resultados empíricos presentamos la representación gráfica de los valores previstos y reales para los precios y la demanda en el tiempo en algunos de los productos estudiados.


TELEVISORES
Ventas (unid.)
800
700
600
500
400
300
200
100
Precio
22
19
16
13
10
Real
Previsto
59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71
Años


FRIGORIFICOS
Ventas (unid.)
700
600
500
400
300
200
100
Precio
14
12
10
8
6
4
Real
Previsto
59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71
Años

4. CONSIDERACIONES FINALES

En este último apartado vamos a señalar el potencial interés de los resultados en el área de la política empresarial, así como a concluir con una valoración sucinta de los mismos.

4.1.– *Implicaciones para la gestión empresarial*

El concepto del aprendizaje o su generalización hacia la experiencia está siendo el apoyo teórico para justificar estrategias empresariales dirigidas a conseguir la mayor cuota de mercado relativa. El argumento sería que con una mayor cuota de mercado se consigue acumular mayor experiencia para un período de tiempo dado, esto repercute en un menor coste y para un precio dado en unos mayores beneficios y rentabilidad. Conocido el parámetro de aprendizaje para los productos del sector, una empresa puede valorar económicamente el interés de una estrategia de crecimiento para ganar cuota, teniendo en cuenta que tal estrategia llevará generalmente consigo unas necesidades de inversión y unos costes para el programa comercial sobre todo cuando el sector esté en etapas de estancamiento en el crecimiento de las ventas totales. Según este razonamiento, por tanto, la dominación del sector, en cuanto a mayor cuota relativa, sería interesante económicamente incluso en el caso en que con la dominación no se consiguiera el poder suficiente para controlar los precios.

Por otra parte, el modelo de demanda explica el comportamiento tendencial de las ventas en el tiempo convirtiéndose en un modelo teórico sobre el ciclo de vida de los productos. El interés para las decisiones empresariales del concepto de ciclo de vida, así como de la capacidad para cuantificarlo y predecirlo está sobradamente reconocido en áreas de decisión como la planificación de las necesidades de capacidad productiva, decisiones de diversificación, políticas de actuación comercial, etc. En todas ellas su articulación concreta vendrá en gran parte condicionada a la fase en que se encuentre el producto en su ciclo. Combinando los conceptos de aprendizaje y ciclo de vida se llega a lo que casi podría considerarse una teoría de la dirección estratégica[9].

9. Esta teoría es en realidad la que se encuentra en los trabajos del Boston Consulting Group (1968).

4.2.– *Conclusiones*

En este trabajo hemos tratado de incorporar en un modelo económico sectorial los supuestos adicionales a los planteamientos clásicos, centrados en el aprendizaje para el área de producción y en el ciclo de vida, explicado a través de la innovación-imitación, para el área de la demanda. El modelo dinámico resultante no es sólo un modelo que incorpore efectos tendenciales recogido por una función matemática más o menos compleja, sino un modelo que a los comportamientos económicos añade otros incluidos tradicionalmente dentro de las relaciones laborales (aprendizaje) y sociología de masas (innovación-imitación). La riqueza teórica del modelo es por tanto mucho mayor, aunque sean necesarias simplificaciones importantes en algunas partes, como en el caso de suponer elasticidad de la demanda constante, de cara a conseguir una aplicación y contraste empírico. Este se lleva a cabo en la segunda parte del trabajo para cinco categorías de productos de consumo duradero (televisores, turismos, frigoríficos, planchas y máquinas de afeitar) llegando a resultados que pueden considerarse satisfactorios. Ello significa que los conceptos barajados son válidos en principio para plantear una visión más amplia del comportamiento empresarial, a la vez que se le proporciona un modelo analítico con el que cuantificar y preveer las consecuencias de las decisiones.

BIBLIOGRAFIA

ARROW, K.J.: "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies,* abril 1962.

BASS, F.: "A New Product Growth Model for Consumer Durables", *Management Science,* enero 1965.

BASS, F.: "The Relationship between Diffusion Rates, Experience Curves and Demand Elasticities for Consumer Durable Technological Innovations", Krannert School of Management, *Institute Paper n.º* 660, marzo 1978.

Boston Consulting Group. *Perspectives on Experience,* Boston, Ma, 1968.

OI, W.: "The Neoclassical Foundations of Progress Functions", *Economic Journal,* septiembre 1967.

PRESTON, L y KEACHIE, E.: "Cost Functions and Progress Functions", *American Economic Review,* febrero 1965.

WOMER, N.: "Learning Curves, Production Rate and Program Costs", *Management Science,* marzo 1979.

YELLE, L.: "The Learning Curve: Historial Review and Comprehensive Survey", *Decision Sciences,* abril 1979.